CURS 10

ELEMENTE CONSTRUCTIVE PENTRU SISTEMELE DE SUSȚINERE ŞI GHIDARE

În construcțiile sistemelor mecatronice, pentru susținerea pieselor aflate în mişcare de rotație se utilizează *rulmenți*, iar pentru realizarea mişcării de translație se folosesc *ghidaje,* care materializează cupla cinematică de translație.

Ghidajele sunt elemente constructive de rezemare care asigură deplasarea relativă de translație a unor subansambluri mobile, într-un anume sens (rol de conducere sau ghidare), cu preluarea forțelor care acționează asupra lor în timpul funcționării şi fixarea față de batiu. Conducerea (ghidarea) trebuie să se realizeze cu precizia prescrisă inițial şi menținută în timp, atât în stare liberă (neîncărcată), cât şi sub sarcină nominală şi/sau la suprasarcini.

Elementele constructive ale ghidajului sunt:
- ***ghidajul propriu-zis*** - elementul de susținere fix;
- ***glisiera*** - elementul susținut, de regulă mobil.

7.1. Condiții constructive şi de funcționare ale ghidajelor

Principalele *condiții* pe care trebuie să le îndeplinească ghidajele pentru funcționarea corectă a sistemelor din care fac parte, în special asigurarea preciziei de funcționare a acestora, sunt următoarele:
- poziția suprafețelor elementelor care formează cupla de translație trebuie să asigure reacțiuni minime;
- proiectarea unor forme şi dimensiuni ale suprafețelor de contact ale elementelor constructive favorabile preluării solicitărilor exterioare (distribuția cât mai uniformă a tensiunilor de contact);
- deformațiile elementelor care formează ghidajul să asigure precizia de funcționare, fără modificarea jocurilor care ar determina gripări (înțepeniri) sau deplasări forțate;
- construcția ghidajului trebuie să asigure reglarea jocului, prin sisteme de reglare, pentru a compensa efectul uzării suprafețelor;
- materialele utilizate pentru suprafețele active ale ghidajelor trebuie să aibă rezistență mare la uzare (pentru menținerea preciziei de funcționare) şi duritate diferită (pentru evitarea fenomenelor de gripare);

- calitatea suprafeţelor de frecare (rugozitatea) să fie cât mai bună, obţinută prin operaţii tehnologice de finisare (rectificare);
- sistemul de ungere trebuie să realizeze regimul de frecare preconizat, pentru obţinerea condiţiilor optime de alunecare şi durabilităţi ridicate de funcţionare a cuplei de translaţie;
- să se asigure protejarea (etanşarea) faţă de impurităţi.

Clasificarea ghidajelor se face după mai multe *criterii*:

- după *modul de funcţionare şi tipul frecării*:
  - ghidaje ***cu alunecare***:
    - cu frecare limită şi/sau mixtă;
    - cu frecare fluidă:
      - hidrodinamică;
      - cu descărcare hidrostatică;
      - hidrostatică;
  - ghidaje ***cu rostogolire***;
  - ghidaje ***combinate***;
- după cum *pot prelua* sau nu *momente de răsturnare*:
  - ghidaje ***închise***;
  - ghidaje ***deschise***;
- după *traiectoria elementului mobil*:
  - ghidaje ***rectilinii*** (liniare);
  - ghidaje ***circulare***;
- după *construcţie*:
  - ghidaje ***monobloc*** :
    - cu elementul fix;
    - cu elementul mobil;
  - ghidaje ***aplicate*** :
    - pe elementul fix;
    - pe elementul mobil.

7.2. Ghidaje cu alunecare

Ghidajele cu alunecare se utilizează în construcţia sistemelor mecatronice de forţă datorită următoarelor ***avantaje***:

- construcţie relativ simplă;
- gabarit redus ;
- rigiditate mare la sarcini ridicate;
- frecare redusă şi lipsa fenomenului de stick-slip;
- realizarea unei deplasări relative între elementele componente, în condiţii de precizie impuse;

- uzură redusă;
- coeficienţi ridicaţi de amortizare a şocurilor.

Dezavantajele acestor tipuri constructive de ghidaje sunt:
- coeficienţi de frecare relativ mari, dependenţi de viteza relativă dintre elemente şi de funcţionarea necorespunzătoare în domeniul vitezelor mici;
- precizie redusă.

7.2.1. Tipuri constructive de sisteme de ghidare cu alunecare

Sistemele de ghidare cu alunecare (fig. 7.1) asigură legătura între elementul fix *1* şi elementul mobil *2* prin contactul pe mai multe suprafeţe ale acestora, care au următoarele roluri:
- suprafeţe de conducere **A**: direcţionarea mişcării relative;
- suprafeţe de susţinere (portante) **B**: preluarea sarcinilor exterioare;
- suprafeţe de închidere **C**: preluarea momentelor de răsturnare (asigură menţinerea contactului între suprafeţele de ghidare în orice condiţie de solicitare).

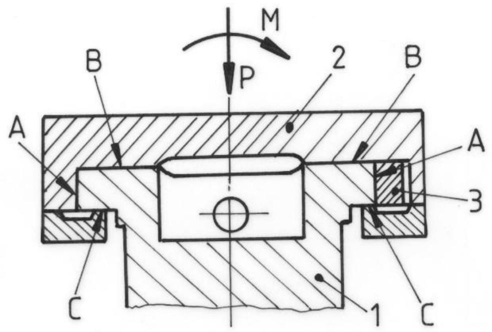


Fig.7.1. Suprafeţele specifice ale SGA

Formele constructive de sisteme de ghidare cu alunecare **SGA** sunt normalizate, cel mai frecvent folosite fiind reprezentate în fig. 7.2.

După forma profilului suprafeţelor de contact ale elementelor se disting următoarele *tipuri constructive*:
- ***ghidaje triunghiulare*** (prismatice):
  - în ***A*** şi în ***V*** ***simetrice*** (fig. 7.2, a);
  - în ***A*** şi în ***V asimetrice*** (fig. 7.2, b); au preluare de la sine a jocului, dar execuţia lor este mai dificilă;

- ***ghidaje dreptunghiulare*** (plane) - fig. 7.2, c: se execută mai uşor, dar necesită elemente de preluare a jocului;
- ***ghidaje în coadă de rândunică*** (fig. 7.2, d): sunt compacte şi jocul se preia simplu;
- ***ghidaje cilindrice*** (fig. 7.2, e): sunt tehnologice, permit realizarea unor precizii geometrice mari, dar preluarea jocurilor este mai complicată.

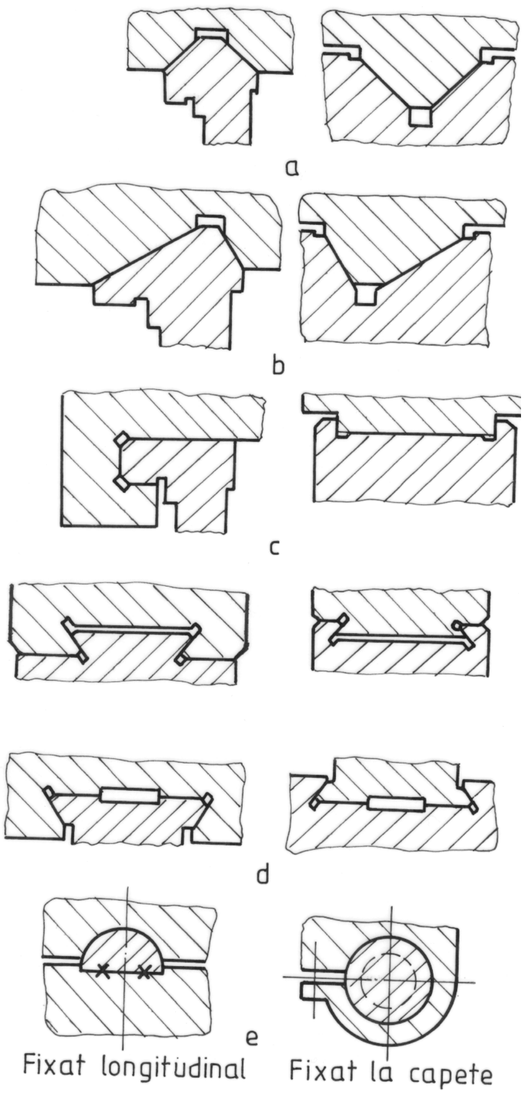


Fig. 7.2. Forme constructive pentru suprafețele **SGA**

Mărimea forţelor care acţionează determină suprafaţa portantă necesară ghidajelor, care variază la fiecare profil, astfel: pentru forţe mari se recomandă folosirea profilelor plane, iar pentru forţe mijlocii şi mici pot fi folosite celelalte forme constructive de profile, ţinând seama şi de alţi factori de funcţionare.

Direcţia şi sensul forţelor determină poziţia relativă a suprafeţelor de ghidare, astfel încât să fie înlăturată tendinţa de desprindere a elementului mobil fată de cel fix. În general se recomandă ca forţele să fie orientate perpendicular pe suprafeţele de ghidare (momentele de răsturnare care acţionează asupra elementului mobil să fie cât mai mici, iar presiunile de contact exercitate asupra ghidajului elementului fix să fie repartizate pe întreaga lungime a elementului mobil). De aceea este necesar ca ghidajele sistemelor mecatronice (elementul fix şi mobil) să aibă rigiditate cât mai mare. Explicaţia acestei necesităţi este dată de faptul că deformaţiile mari ale suprafeţelor de ghidare pot face ca întreaga sarcină să se concentreze pe suprafeţe mici, determinând presiuni de contact care conduc la uzarea rapidă a ghidajelor.

Un alt factor care influenţează alegerea profilului ghidajului este precizia deplasării elementului mobil, direct legată de mărimea jocului dintre suprafeţele de ghidare ale elementului fix şi ale celui mobil care rezultă în timpul funcţionării datorită uzurii, cât şi de posibilitatea de reglare a acestuia.

Alegerea profilului ghidajului este infuenţată de forma şi construcţia elementului fix şi a celui mobil, precum şi de posibilitatea întreţinerii cât mai uşoară a ghidajelor.

Forma unui sistem de ghidare este definită de forma suprafeţelor de ghidare care asigură deplasarea elementului mobil după traiectorii *rectilinii* sau *circulare* , după cum suprafeţele sunt plane sau circulare.

Ghidajele rectilinii din construcţia sistemelor mecatronice asigură deplasarea în ambele sensuri a elementului mobil după o traiectorie rectilinie. Direcţia de deplasare a elementului mobil poate fi orizontală, verticală sau înclinată. Acest tip constructiv de ghidaj rezultă şi prin combinarea diferitelor profile simple prezentate.

Ghidajele circulare asigură realizarea traiectoriei circulare de deplasare a elementului mobil. Profilele utilizate în construcţia acestor sisteme de ghidare sunt de trei tipuri: plane, plan înclinate (unghiulare) şi în V asimetrice (biunghiulare) ca în fig. 7.3, a , b, respectiv c.

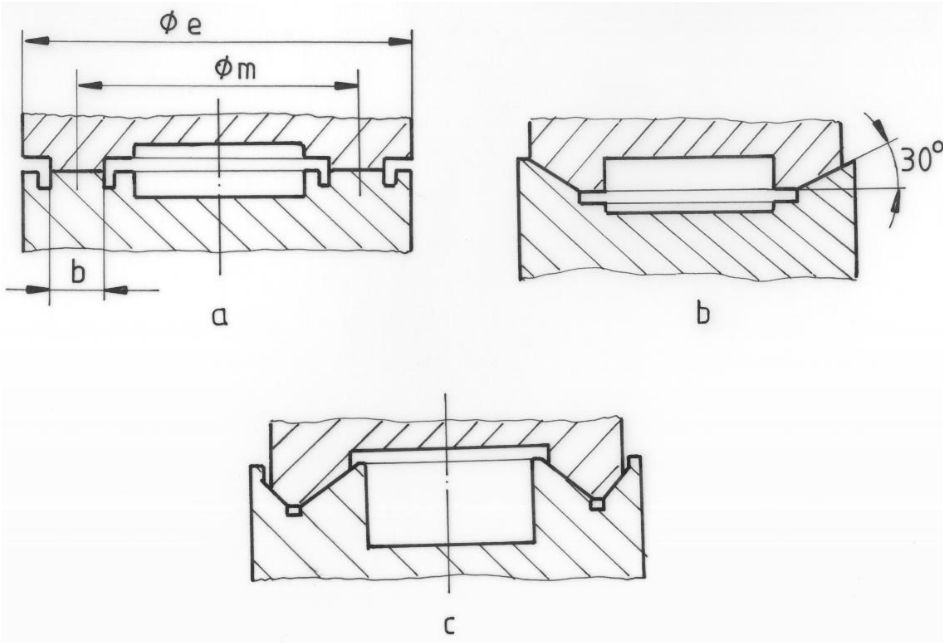


Fig. 7.3. Profile pentru ghidajele circulare

Profilul plan este utilizat pentru diametre mari (peste 2000 mm) şi asigură doar funcția de susținere a elementului mobil, funcția de conducere fiind asigurată de un ghidaj radial aşezat pe direcție perpendiculară pe elementul mobil.

Profilurile unghiular sau *biunghiular* îndeplinasc deodată ambele funcții şi au avantajul că descarcă eforturile radiale. De asemenea ghidajul biunghiular asigură ungerea mai bună față de celelalte profile, fiind recomandat pentru sarcini şi viteze periferice mari.

Reducerea uzurii ghidajelor circulare se realizează cu ajutorul unor sisteme de descărcare a lor de sarcina exterioară (ex.: cu arcuri). Pentru creşterea durabilității se recomandă obținerea unui regim de frecare fluidă prin practicarea unor teşituri în formă de pană pe ghidajele elementului fix.

7.2.2. Materiale pentru elementele constructive ale ghidajelor cu alunecare

Materialul ghidajului, care determină durabilitatea cuplei cu frecare de alunecare, se alege în funcție de dimensiunile şi modul de realizare a ghidajului, de viteza relativă dintre elementele constructive şi de natura frecării care apare între elemente.

Pentru reducerea uzurii, suprafețele active ale elementelor constructive ale sistemelor de ghidare cu alunecare se realizează din cupluri de materiale cu durități ridicate (obținute prin tratamente termice şi termochimice superficiale, metalizare sau ecruisare cu bile).

În funcție de mărimea sarcinii exterioare care solicită ghidajele cu alunecare, se recomandă utilizarea următoarelor categorii de materiale:

- **fonte**: asigură rigiditate mare batiurilor (elementului fix) şi ghidajelor; au capacitate sporită de amortizare a vibrațiilor;
    - ***cu structura perlitică*** - se folosesc pentru:
        - solicitări reduse (presiuni de contact sub 0,5 MPa): **Fc 200** ;
        - solicitari medii ($p < 1{,}5$ MPa): **Fc 250** ;
        - solicitări puternice ($p < 2$ MPa): **Fc 350** ;
    - ***aliate*** - cu Ni , Cr si Mg , pentru:
        - preluarea unor sarcini specifice mai mari;
        - condiții speciale privind evitarea uzurii;
        - asigurarea unui gabarit mic;
- **oțeluri**: se utilizează în construcția ghidajelor aplicate, asigurând condiții bune de funcționare când suprafața conjugată a cuplei de translație este confecționată din fontă; se recomandă:
    - ***carbon de cementare*** (pentru obținerea unei durități de 52 - 60 HRC) la:
        - ghidaje cu lungimi de până la 500-700 mm: **OLC15**,**OLC 20**
    - ***aliate*** cu Cr şi Ni (prezintă deformări mai mici în urma tratamentului termic) la:
        - ghidaje cu lungimi mai mari: **40 Cr 10** ;
- **materiale plastice**: în construcția ghidajelor aplicate pentru maşini mari, la care forma principală de uzare o constituie gripajul; se aplică de obicei pe suprafața elementului mobil:
    - ***teflon***
    - ***textolit***
    - ***răşini epoxidice***.

Durificarea fontei se realizează prin călire cu flacără, prin inducție sau prin durificare cu deformare plastică, obținând durități 45 - 60 HRC. Mai avantajoasă este metalizarea (mai puțin răspândită) care elimină încălzirile şi deformațiile aferente acestora, permițând obținerea unor suprafețe cu durități mari (60 - 80 HRC).

Ghidajele aplicate, indiferent de natura materialelor din care sunt realizate, pot fi fixate pe batiu sau pe elementul mobil prin lipire, sudare sau cu şuruburi, în funcție de dimensiunea ghidajului şi construcția elementului pe care se aplică.

În construcția ghidajelor cu alunecare se folosesc 30% cupluri de materiale fontă-fontă şi 28% fontă-material plastic.

Structura suprafețelor are efect substanțial asupra curbei caracteristice de frecare (curba Stribeck) la acest tip de ghidaje, ținând seama de viteza de deplasare a părții mobile (la viteze mici, pentru evitarea fenomenului de stick-slip, se utilizează răşini şi teflon asociate cu bronz). Reducerea uzurii cu menținerea în timp a caracteristicilor de frecare favorabile se obține prin utilizarea unor aditivi corespunzători în lubrifiantul care asigură ungerea suprafețelor (ex.: pulberea de bronz).

7.2.3. Calculul ghidajelor cu alunecare

Prin calculul ghidajelor se urmăreşte ***dimensionarea elementelor constructive*** (glisiera şi ghidajul propriu-zis) care asigură durabilitate maximă sistemului de ghidare, în strânsă legătură cu obținerea unei traiectorii precise a elementului mobil, ceea ce determină particularități dinamice importante.

Pentru calculul de rezistență al ghidajelor cu alunecare se ține seama de acțiunea simultană a presiunii de contact şi forțelor de frecare, care sunt principalele cauze care contribuie la apariția fenomenului de uzare a suprafețelor active ale ghidajelor, influențând negativ (cantitativ şi calitativ) precizia şi durata de funcționare atât a cuplei de translație cât şi a întregului sistem din care face parte. Din aceste considerente este necesară limitarea presiunii de contact la valori admisibile, stabilite prin încercări experimentale pe ghidaje similare, pentru reducerea la minim a uzurii suprafețelor elementelor constructive ale acestora. Astfel, calculul ghidajelor cu alunecare între elementele componente constă, aproape în exclusivitate, din ***verificarea la presiunea de contact*** ca factor determinant al fenomenului de uzare a suprafețelor.

Dimensionarea ghidajelor pe baza unui calcul de rezistență la solicitările la care sunt supuse, de regulă, nu se efectuează, deoarece ansamblul batiu-ghidaje sunt întotdeauna corp comun şi formează partea fixă a sistemului mecanic, dimensiunile secțiunii ghidajelor rezultând din cele ale batiului. Solicitările şi eforturile unitare (tensiunile) care apar în zona ghidajelor se stabilesc concomitent cu calculul elementelor cu care sunt solidarizate (batiuri, mese, sănii). Rigiditatea mare impusă, din considerente dictate de precizia ce trebuie realizată de ansamblul din care face parte ghidajul, determină solicitări mecanice relativ mici în secțiunile ghidajelor, din care cauză calculul de rezistență nu este esențial pentru cupla de translație (dimensiunile ghidajelor cu alunecare se stabilesc constructiv).

Importanța verificării presiunii de contact rezidă în aceea că prin mărirea uzurii peste valorile recomandate, ca urmare în special a presiunilor de contact între suprafețe superioare celor admisibile, dar şi altor cauze (ex.: alegerea unor materiale necorespunzătore pentru cupla de translație, regim de funcționare cu frecare mare, etc.) reduce precizia de deplasare a elementului mobil prin creşterea jocurilor şi în final scade precizia întregului ansamblu.

Calculul de verificare la presiunea de contact se efectuează, cu destulă acuratețe, folosind *ipoteza simplificatoare* a repartiției liniare a presiunilor de contact în lungul suprafețelor de ghidare şi uniformă pe lățimea fiecărei suprafețe a elementelor constructive care formeaza cupla de translație. Acesta cuprinde următoarele *etape*:

- determinarea forțelor totale care acționează pe fiecare suprafață a ghidajului: din condițiile de echilibru a forțelor şi momentelor se stabilesc reacțiunile fiecareia dintre suprafețele ghidajului față de elementul mobil (glisiera);
- calculul presiunii medii de contact pe fiecare suprafață;
- determinarea presiunii maxime pe suprafețe;
- compararea presiunii efective maxime cu valorile admisibile, determinate experimental pentru fiecare tip constructiv de ghidaj cu alunecare în condiții de lucru cunoscute (impuse).

Calculul ghidajelor cu alunecare este influențat de următorii ***factori***:

- *forma diagramei de solicitare la contact* a suprafețelor conjugate ale elementelor constructive: variația presiunii de contact - dreptunghiulară,

trapezoidală, triunghiulară (fig. 7.5, a, b, c) - funcţie de punctul de aplicaţie al forţei de reacţiune F_z normală la suprafeţele de contact;

- *viteza de deplasare a elementului mobil* şi *regimul de frecare-ungere* realizat între elementele constructive: pe baza caracteristicii de frecare a regimului de lucru (curba Stribeck) se pun în evidenţă:
    - frecarea uscată, fără peliculă de lubrifiant între supafeţele în contact, se evită în construcţia şi exploatarea ghidajelor cu alunecare;
    - la viteze foarte mici se obţine un regim de frecare limită;
    - la viteze mici şi încărcări exterioare medii apare regimul de frecare mixt;
    - la viteze mari se formează regimul de frecare hidrodinamic;
    - la viteze mici şi încărcări mari se obţine regimul de frecare hidrostatic;
- *materialul* cuplului de ghidare;
- *uzura suprafeţelor* ghidajului;
- *durabilitatea* cuplei cu frecare de alunecare.

Ghidajele cu alunecare prezintă elemente geometrice şi funcţionale asemănătoare lagărelor plane cu alunecare între suprafeţele de frecare aflate în mişcare relativă, de aceea calculul se face diferenţiat după regimul de frecare-ungere care ia naştere între elementele constructive.

1. Ghidaje cu alunecare funcţionând în regim limită şi mixt de frecare-ungere

La deplasări lente (cu viteze foarte mici sub 30 mm/min sau mici până la 180 mm/min) ale elementului mobil faţă de elementul fix al unui ghidaj cu alunecare apare fenomenul perturbator periodic *stick-slip* - de alunecare sacadată (intermitentă) - caracterizat prin lipiri (stick) şi alunecări (slip) ale suprafeţelor, astfel încât are loc variaţia forţei de frecare F_a şi a coeficienţilor de frecare de alunecare μ_a în timp ca în fig. 7.4. Fenomenul se explică prin formarea unor punţi de sudură (micro-joncţiuni), iar apariţia lui este determinată printr-o anumită valoare a raportului dintre coeficienţii de frecare static şi cinematic - numit coeficient de stick-slip:

$\mu_{as} / \mu_{ak} >> 1$ - alunecare însoţită de intermitenţă;

$\mu_{as} / \mu_{ak} \cong 1$ - fenomenul stick-slip este amortizat.

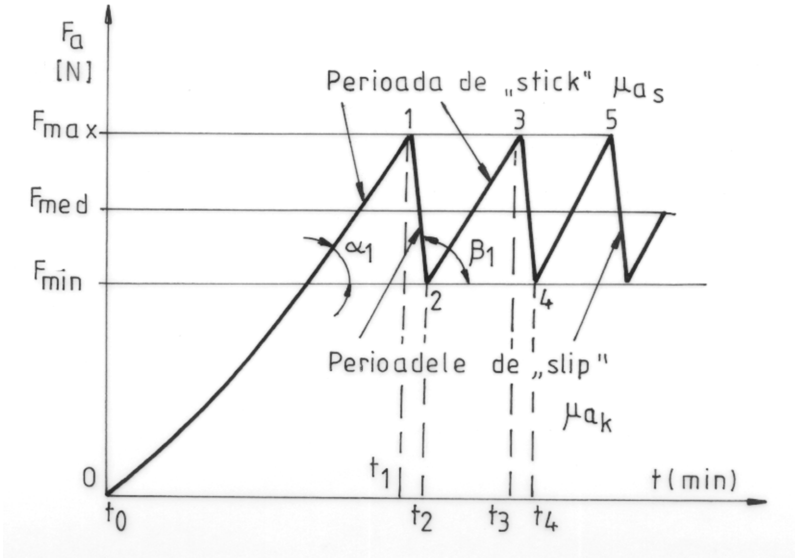


Fig. 7.4. Fenomenul de stick-slip

Aceste creşteri şi scăderi ale mărimii forţei de frecare între suprafeţele active ale elementelor constructive ale ghidajelor trebuie atenuate (combătute), în special la ghidajele de mare precizie, folosind următoarele *recomandări*:

- ungerea cu uleiuri de tip G - aditivate antiuzură;

- utilizarea unor cupluri de materiale cu adeziune redusă - de tip material plastic (teflon, textolit, bisulfură de molibden) - metal (pulberi metalizate, cu proprietăţi antifricţiune, aplicate pe suprafaţa elementului mobil);

- prelucrarea finală a suprafeţelor de frecare prin procedeul de *tuşare*, pentru realizarea unor microrezerve de lubrifiant şi atingerea unui coeficient de frecare cât mai redus.

Calculul presiunii de contact pentru ghidajele de alunecare în regim limită şi mixt de frecare-ungere (grosimea peliculei de lubrifiant este aproximativ egală cu R_{max} = 5...10 μm, viteze relativ mici şi solicitări mari) se face pe baza schemei de funcţionare şi încărcare a unui ghidaj plan reprezentat în fig. 7.5, în care sistemul de coordonate se alege astfel: originea *O* în centrul suprafeţei de contact între elementele

ghidajului; x - direcția de deplasare liniară cu viteza v_x; xOy - planul suprafeței de contact între elementul fix *1* şi elementul mobil *2*; z - direcția normalei la suprafața de contact a ghidajului.

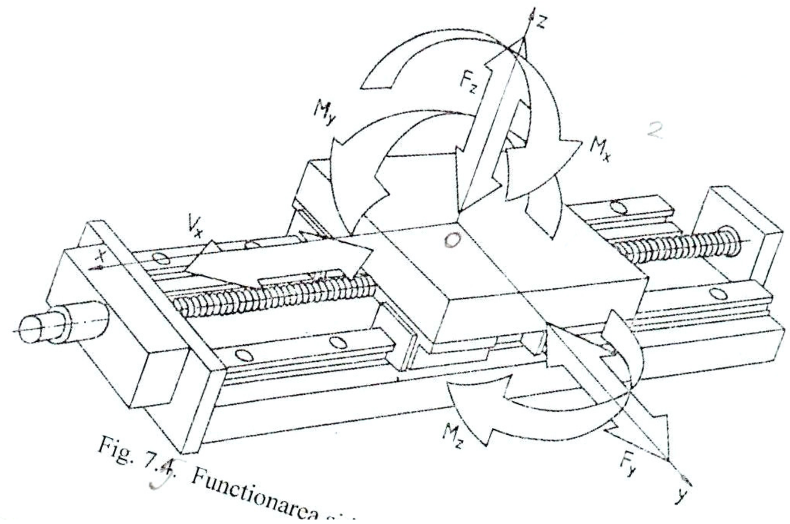


Fig. 7.5. Funcționarea şi încărcarea unui ghidaj cu alunecare

Dimensiunile ghidajului sunt reprezentate de lungimea L şi lățimea b care se aleg constructiv.

Pentru orice sistem de ghidare este necesară stabilirea încărcării ghidajului, adică repartiția presiunii în lungul fațetelor în contact. În acest scop se stabilesc forțele şi momentele care acționează asupra elementului mobil şi anume:

- forțele din procesul de lucru Q_y, Q_z;
- forța de antrenare Q_x;
- reacțiunile de pe suprafața piesei portante (elementul fix);
- greutățile proprii – acționând ca forțe concentrate în centrul de greutate;
- forțele de frecare.

Deoarece ghidajul asigură deplasarea relativă cu viteza v_x şi are rolul de a prelua torsorul forțelor de reacțiune [$0 \;\; F_y \;\; F_z \;\; M_x \;\; M_y \;\; M_z$] aceste componente şi punctele lor de aplicație se determină din ecuațiile de echilibru static pentru elementul mobil.

Presiunea medie de contact realizată între suprafețele active ale elementelor ghidajului se calculează cu relația:

$$p_m = \frac{F_z}{b \cdot L} \tag{7.1}$$

Presiunea de contact între cele două suprafețe ale ghidajului are o distribuție parabolică, dar pentru simplificarea calculelor se acceptă ipoteza unei distribuții liniare în lungul ghidajului (pe direcția Ox de mişcare) şi uniformă pe lațimea acestuia (pe direcția Oy). Presiunile de contact pe lungimea ghidajului, ca valoare şi mod de repartiție, sunt determinate de valoarea momentului de răsturnare a elementului mobil în jurul axei Oy sub acțiunea forțelor exterioare:

$$M_r = F_z \cdot x \tag{7.2}$$

în care: x - abscisa punctului de aplicație al reacțiunii normale F_z .

Cunoscând abscisa x se pot pune în evidență patru **tipuri de distribuții ale presiunii** ca în fig. 7.6, pentru care se determină presiunea de contact maxima $p_{\max}$ funcție de valoarea medie p_{med} .

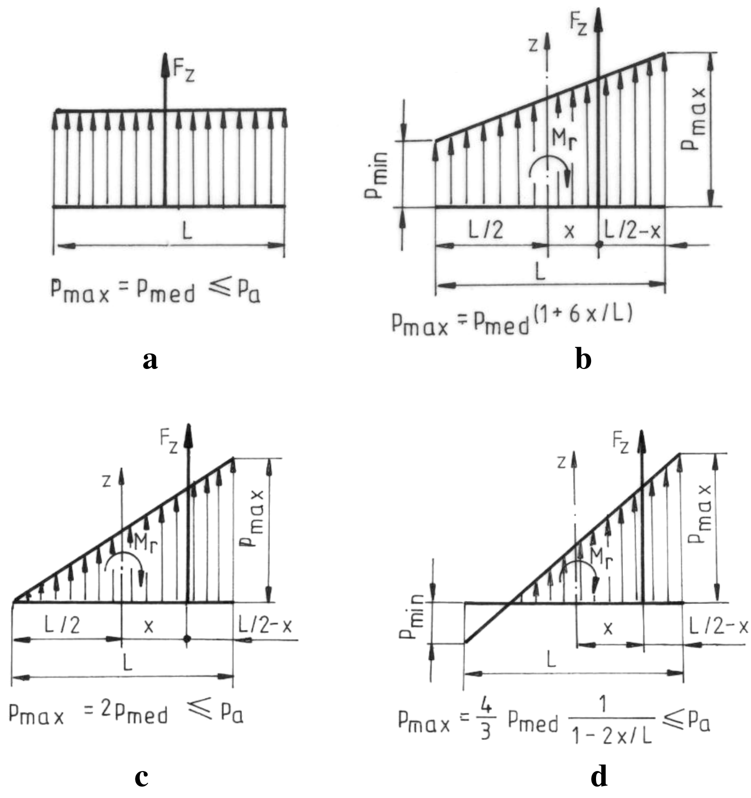


Fig. 7.6. Distribuția presiunilor de contact

Distribuția *dreptunghiulară* (fig. 7.6, a) este caracterizată de: $x = 0;\ M_r = 0$ - reacțiunea rezultantă este aplicată în centrul suprafeței de contact; mai rar utilizată.

Distribuția *trapezoidală* (fig.7.6, b) are $0 < x < L / 6$ este acceptată pentru ghidajele la care momentele de răsturnare M_r sunt mici.

Distribuția *triunghiulară* (fig. 7.6, c) apare când $x = L / 6$ și este recomandată pentru ghidajele la care momentele de răsturnare M_r sunt mari.

Distribuția *triunghiulară asimetrică* (fig. 7.6, d) pentru $x > L / 6$ este recomandată la ghidajele cu momente de răsturnare M_r mari și joc mic între suprafețe.

Se observă că repartiția optimă este cea dreptunghiulară deoarece nu are extreme de presiune, are valoarea cea mai mică pentru presiunea de contact p_{max} și asigură o funcționare ideală a ghidajului, cu uzuri uniforme (caz foarte rar întâlnit). În calculul majorității ghidajelor cu alunecare în regim limită și mixt de frecare se iau în considerare repartiția trapezoidală sau triunghiulară.

Presiunea maximă calculată nu trebuie să depășească presiunea admisibilă p_a, condiția de verificat fiind dată de inegalitatea:

$$p_{max} \leq p_a \tag{7.3}$$

Presiunea admisibilă de contact depinde de: viteza de deplasare, cuplul de materiale pentru suprafețele elementelor ghidajului și încărcare, fiind recomandate următoarele valori:

- la viteze de deplasare mici:
  - fontă / fontă (oțel) : p_a = 2,5...3 MPa;
  - oțel / oțel : p_a se majorează cu 20 - 30 % ;
  - sarcini mari : p_a = 1 MPa ;
- la viteze de deplasare mari:
  - fontă / fontă (oțel) : p_a = 0,05 ... 0,8 MPa;
  - oțel / oțel : p_a se majorează cu 20 - 30 % ;
  - sarcini mari : p_a = 0,4 MPa.

Frecarea mixtă apare în condițiile în care între suprafețele de ghidare are loc contactul, dar există și o peliculă de lubrifiant; poate fi *semilichidă* (dacă predomină lubrifiantul) sau *semiuscată* (dacă predomină contactul direct între cele doua suprafețe).

Se stie că la îmbinările mobile, deci și la ghidajele cu alunecare, coeficientul de frecare este variabil, depinzând de următorii factori:

viteza de alunecare, ungerea, presiunea de contact, natura materialelor cuplului de ghidare, calitatea suprafețelor de ghidare şi metoda lor de prelucrare, etc. De aceea, ***calculul coeficientului de frecare*** pentru ghidajele care lucrează în domeniul vitezelor mici se face în concordanță cu condițiile reale de funcționare. Satisfacerea acestei cerințe este reprezentată de *caracteristica de frecare* (curba Stribeck) reprezentată în fig. 7.7 şi definită de *parametrul caracteristic al regimului de frecare*:

$$\lambda = \frac{\eta \cdot v}{p} \tag{7.4}$$

în care: η - vâscozitatea dinamică a lubrifiantului la temperatura de lucru;
v - viteza de deplasare (alunecare);
p - presiunea de contact.

Caracteristica critică a regimului de lucru λ_{cr}, determinată de valoarea vitezei critice v_{cr}, este parametrul de graniță care delimitează cele două domenii de frecare:

- domeniul frecării mixte - corespunzător vitezelor mici de alunecare;
- domeniul frecării fluide - la viteze mari de alunecare.

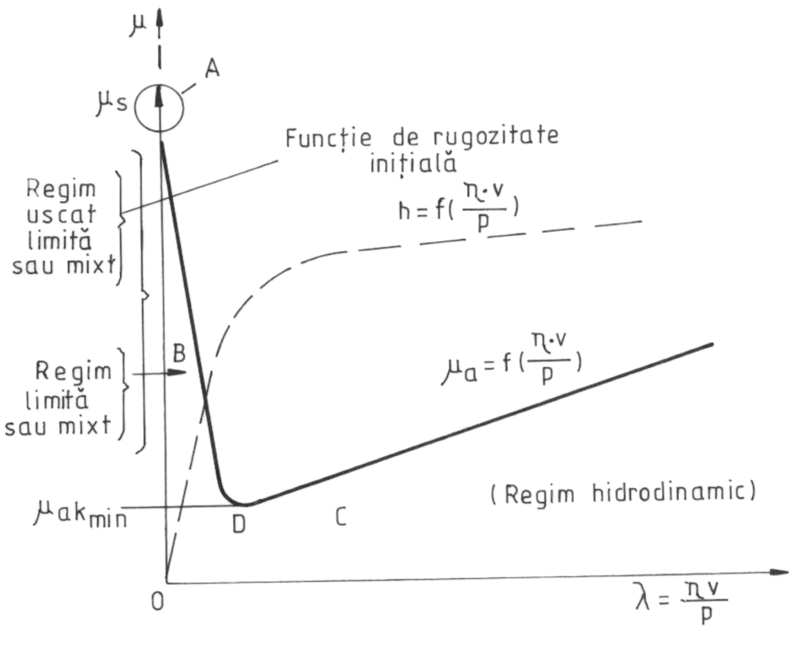


Fig. 7.7. Caracteristica de frecare (curba Stribeck)

Coeficientul de frecare pentru domeniul frecării mixte poate fi determinat cu relația:

$$\mu = \mu_0 \cdot \left(1 - k_f \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{\lambda_{cr}}}\right) \qquad (7.5)$$

în care: μ_0 - coeficientul de frecare la viteză mică de ordinul a 1 mm/min;

k_f - factor de frecare, dat de relația:

$$k_f = 1 - \frac{\mu_f}{\mu_0} \qquad (7.6)$$

unde: μ_f - coeficient minim de frecare fluidă.

Se observă că pentru $\lambda = \lambda_{cr}$ rezultă $\mu = \mu_0$.

Parametrul caracteristic critic se determină în funcție de: lungimea L şi lățimea b ale ghidajului elementului mobil, grosimea critica h_{cr}, raportul dintre grosimea minimă h_1 şi grosimea maximă h_2 ale stratului de lubrifiant şi numărul canalelor de ungere transversale i sub forma:

$$\lambda_{cr} = 1175 \cdot 10^2 \cdot \frac{i^2\left[1 + \left(\frac{L}{i \cdot b}\right)^2\right]}{L \cdot c_k} \cdot h_{cr}^2 \qquad (7.7)$$

în care: c_k - coeficient (tabelat) în funcție de numărul canalelor de ungere transversale.

Grosimea critică h_{cr} a peliculei de lubrifiant este determinată experimental pe diverse cupluri de materiale pentru suprafețele de ghidare aflate în contact.

Această metodă de calcul se aplică la ghidajele care lucrează în regim de frecare mixt şi cărora li se cere o precizie ridicată de funcționare, iar calculul se efectuează numai pentru suprafața cea mai încărcată şi în cazul existenței canalelor de ungere longitudinale prin b se înțelege distanța mai mare de la muchia ghidajului până la canale.

Uzura are şi ea influență asupra calculului ghidajelor. Cu toate că verificarea la presiunea de contact, completată cu calculul pe baza caracterului frecării, reprezintă o excelentă verificare a ghidajelor la uzare, în practică apare necesitatea rezolvării unor probleme suplimentare legate de caracterul uzurii.

Se ştie că mărimea uzurii (grosimea stratului de material îndepărtat de pe suprafețele active aflate în mişcare relativă) şi forma

suprafeței uzate (neuniformitatea uzurii în lungul ghidajului) influențează precizia de lucru a ansamblului sistemului mecanic şi rezistența (stabilitatea) la vibrații.

Pentru ghidajele rectilinii uzura are un caracter abraziv, prin aşchiere sau microaşchiere dintre suprafețe sau cu particule dure interpuse între suprafețele în contact (impurități din lubrifiant, datorită neetanşării corespunzătoare sau particule rezultate din uzarea de adeziune).

Variația uzurii în timp este liniară după legea cunoscută de la uzarea de tip abraziv:

$$u_h = v_u \cdot t \tag{7.8}$$

în care: v_u - viteza de uzare, calculată cu relația:

$$v_u = k_u \cdot p_m \cdot v \tag{7.9}$$

cu: k_u - coeficient de uzare, dependent de materialele suprafețelor în contact (determinat experimental);

p_m - presiunea medie de contact pe suprafața ghidajului;

v - viteza de deplasare relativă;

t - timpul de funcționare.

Înlocuind relația (7.9) în expresia uzurii, se obține:

$$u_h = k_u \cdot p_m \cdot v \cdot t = k_u \cdot p_m \cdot L_f \tag{7.10}$$

în care: L_f - lungimea de frecare.

Pentru un cuplu de materiale ale suprafețelor de ghidare se pot scrie doua functii u_h :

- ghidajul propriu-zis (elementul fix):

$$u_{h1} = k_{u1} \cdot p_m \cdot L_f \tag{7.11}$$

- glisiera (elementul mobil) :

$$u_{h2} = k_{u2} \cdot p_m \cdot L_f \tag{7.12}$$

Expresia generală pentru ecuația curbei de uzură (forma suprafeței uzate) a ghidajului de pe elementul fix pe direcția de mişcare x are forma integrală:

$$u_1(x) = k_{u1} \cdot L_f \cdot \int_{l_1}^{l_2} p(l) \cdot \varphi(x-l) \cdot dl \tag{7.13}$$

în care: $p(l)$ - ecuația diagramei presiunii reale de contact între suprafețele ghidajului , $0 < l < L$;

φ (x) - curba de distribuție a deplasărilor elementului mobil, reprezentată în fig. 7.8, care caracterizează frecvența deplasării de-a lungul ghidajelor.

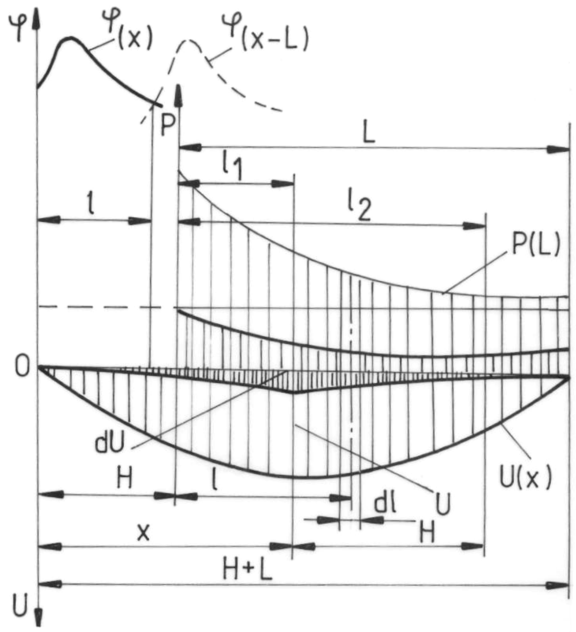


Fig. 7.8. Determinarea suprafeței uzate a ghidajelor

În sistemele de referință *φOx* , *uOx* și *pOx* se evidențiază factorii de influență asupra uzurii ghidajelor pe lungimea totală a ghidajului fix (*H* + *L*) – determinată de lungimea cursei maxime *H* a elementului mobil și lungimea ghidajelor *L*. Considerând elementul mobil în poziția extremă dreapta a ghidajelor elementului fix sunt reprezentate:

u (x) - variația uzurii elementului fix;

u (l) - variația uzurii elementului mobil;

p(l) - variatia presiunii de contact, intr-un caz particular;

φ (x) - curba de distribuție a deplasărilor elementului mobil plasată la capatul din stânga (începutul cursei de lucru).

Expresia curbei de uzură se particularizează în funcție de mărimea raportului *H/L* (mai mare sau mai mic ca 1), explicând influența diverșilor factori asupra formei suprafeței de uzare.